

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-9813

(24) (44) 公告日 平成7年(1995)2月1日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 M 8/04	P			
8/00	A	9444-4K		

発明の数1(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願昭61-189039

(22) 出願日 昭和61年(1986)8月12日

(65) 公開番号 特開昭63-45762

(43) 公開日 昭和63年(1988)2月26日

(71) 出願人 999999999

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 鴨下 友義

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 広田 俊夫

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 高林 泰弘

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山口 巖

審査官 原 賢一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池発電プラント

【特許請求の範囲】

【請求項1】改質原料を改質して水素ガスを生成する改質器、該改質器に対応付設した改質原料供給装置、前記改質器を通じて得た水素ガスを燃料とし酸化剤ガスとの電池反応により発電を行う燃料電池、および該燃料電池の出力側に接続した補助電池を組合わせて構成した燃料電池発電プラントにおいて、前記改質原料供給装置より改質器へ送り込む改質原料の供給量をプラントの負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備え、該制御系は燃料電池の出力電流値に比例した信号と補助電池の出力電流値に比例した信号との加算値を検出信号としてフィードフォワード制御するものであることを特徴とする燃料電池発電プラント。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃料電池発電プラント、特に急激な負荷増加に対応させるために燃料電池の出力側に鉛電池等の補助電池を接続したハイブリッド方式を対象とする燃料電池発電プラントの運転制御装置に関する。

【従来技術とその問題点】

新しい発電装置としての燃料電池発電プラントは、その高い発電効率が高得られることから移動用電源、離島用電源等、各種電源としてその用途の拡大化が図られるようになっている。

ところで燃料電池発電プラントは、メタノール、天然ガス等を原料として水蒸気改質により水素リッチなガスを生成する改質器、該改質器で得られた水素を燃料として発電を行う燃料電池、および燃料電池の直流出力を交流に変換する装置等から成り、改質器で生成した水素ガスは燃料電池の負荷および水素利用率に応じて燃料電池内

部で消費され、余剰の水素はオフガスとして改質器へ導かれた上でバーナで燃焼され、改質エネルギーとして消費されることは周知の通りである。したがって燃料電池を効率良くかつ安定に運転するには、改質器への改質原料供給量を負荷に対応して各部のバランスを保ちつつ過不足無しに適正、かつ迅速にコントロールすることが制御面で極めて重要である。

かかる点、発電プラントの構成要素である燃料電池、電力変換装置は負荷範囲も広く、応答も早い、改質器は一種の化学反応装置であり、かつその系内の配管も長いことから、一般的に応答速度は燃料電池、電力変換装置に比べて大幅に遅い。したがって発電プラントのトータル制御面では、燃料電池の負荷が殆ど変化の無い、或いは負荷変動が比較的緩やかでかつその負荷変動が予測できるような運転条件では、負荷範囲の拡大にも比較的容易に対処できるが、負荷が急激に変動する場合には負荷変動に追従して迅速に制御することが困難である。特に負荷が急激に増大した場合に燃料電池の出力電流を急激に増加させようとする、改質器から燃料電池への燃料ガス供給量が負荷の急増に追従できず、発電に必要な燃料ガス量が不足していわゆるガス欠状態となり正常な発電が継続できなくなる。

このために従来では、燃料電池発電プラントを特に急激な負荷変動が多い負荷の電源として使用する場合には、あらかじめ燃料電池における水素消費率を低く設定する、あるいは改質ガス供給ラインに改質ガスを貯留しておくバッファタンクを介装しておく等の方式が知られているが、前者の方式では常時余分に原料を改質するのでプラント全体としての効率が低くなり、また後者の方式では設備が大形化する難点がある。そこで負荷変動、特に負荷増加に対して燃料電池の出力電流が急激に増加するのを抑えるようにしつつ、一方では過渡的に不足する燃料電池の出力を補うために燃料電池の出力側に例えば鉛電池等の補助電池を接続し、改質原料供給量の増量制御により燃料電池の出力が増加するまでの間の供給電力不足分を補助電池から給電するようにしたハイブリッド方式が提唱されている。

ここでメタノールを改質原料とする従来における上記ハイブリッド方式燃料電池発電プラントの負荷変動に関連した制御システムを第2図に示す。図において1は改質器、2は燃料電池、3は燃料電池2の出力側に接続したDC/DCコンバータ、4は直流/交流変換用インバータ、5は補助電池、6が負荷であり、改質器1に対応して改質原料供給装置7、補助燃料供給装置8、燃焼空気供給装置としての空気ブロア9等が付設されている。一方、改質器1はバーナ1aを装備の炉内に気化器1b、改質触媒を充填した改質反応管1cを内蔵して成り、気化器1bの入口側に前記の改質原料供給装置7が接続され、改質反応管1cの出口が燃料電池2の燃料極2aに接続配管されている。なお2bは空気極である。一方、改質器のバーナ1aには前

記の補助燃料供給装置8、空気ブロア9、および燃料電池2の燃料極側から引き出したオフガス供給管が接続されている。なお改質原料供給装置7は改質原料タンク7a、原料ポンプ7b（可変速ポンプ）、弁7c等から成り、補助燃料供給装置8は補助燃料タンク8a、燃料ポンプ8b（可変速ポンプ）、弁8c等から成る。

かかる構成の燃料電池発電プラントの運転動作については周知であり、改質器1のバーナ1aに供給した補助燃料、オフガス、燃料空気を燃焼して改質エネルギーを与え、この状態で改質器1へ改質原料を導入することにより、改質原料は気化し、さらに改質触媒との接触反応により水素リッチなガスに改質されて燃料電池1の燃料極1aへ供給される。また燃料電池の電池反応に伴う余剰ガスはオフガスとして改質器1のバーナ1aに供給して燃焼され、改質エネルギーとして消費される。一方、燃料電池1の直流出力はDC/DCコンバータ3で負荷側の電圧に整合され、さらにインバータ4で交流に変換して負荷6に給電される。また補助電池5は負荷の急激な増加の際に燃料電池の出力が増加するまでの間、一時的に燃料電池の出力不足分を補って負荷へ放電する。またこの場合に燃料電池1の出力急激を抑えて緩やかに出力を増大させるように燃料電池の出力電流 I_{fc} の検出値と負荷電流 I_o の検出値との間の偏差でDC/DCコンバータ3の出力を制御するようにしている。なお10は燃料電池の出力電流検出器、11は負荷電流検出器、12は関数発生器である。

一方、負荷の増減に対応して改質原料供給量を制御するために、燃料電池の出力電流値を基に制御器13を介して改質原料供給装置7の原料ポンプ7bをフィードバック制御する制御系14が設けられている。さらにこの改質器1に対しては改質触媒層の温度検出値を基にフィードバック制御により補助燃料供給量、燃焼空気供給量を制御して改質反応温度を適正温度に保持するように制御系15が設けられている。なお16は改質反応管1cに配備した温度検出センサ、17は制御器である。

しかして上記した従来の制御システムでは、改質原料の供給量を燃料電池の出力電流検出値を基にフィードバック制御しており、このために燃料電池の出力電流増加に対する改質原料供給量を増加させる制御応答が常に遅れるようになる。さらに改質原料源から改質器を経て燃料電池に至る間の配管経路はかなり長く、このために負荷増大に応じて改質原料の供給量を増量した際に改質器へ供給した改質原料が気化し、改質触媒層で改質された後に改質ガスが燃料電池の電極へ供給されるまでには大幅な時間的遅れが生じるようになる。したがって負荷変動に対する燃料電池、補助電池の出力、および改質原料供給量の応答特性は第3図に鎖線で示した特性図（イ）、（ロ）、（ハ）のようになる。これから判るように従来の制御方式では、改質系固有の応答遅れに加えてフィードバック制御による応答遅れから燃料電池の出力を急激な負荷増加に追従して迅速に増加させることができず、

この結果として燃料電池出力の不足分を補って補助電池から負荷へ供給する電力量が大となるために補助電池としては大容量の電池が必要となって発電プラント設備が大形化する。なお、従来から改質原料の供給量を負荷変動に応じてフィードフォワード制御することが知られているものの、従来の方法は、制御変数の予測を燃料電池の電流電圧特性（ $I-V$ 特性）に基づいて行っており、シンタリングや磷酸分布などに起因して $I-V$ 特性が経時的に変化した際、燃料ガス量が不足する問題があった。

【発明の目的】

この発明は上記の点にかんがみなされたものであり、先記した補助電池装備のハイブリッド方式の燃料電池発電プラントを対象に、従来の制御システムにおける欠点を除去し、急激な負荷変動が生じた際にもこの負荷変動に追従させる改質原料供給量の制御をより迅速に行えるようにし、これにより負荷の急増に対する燃料電池の出力増加速度を高めて補助電池の容量低減化を可能にし、併せて発電プラントの小形コンパクト化、並びにプラントコストの低減化促進を図れるようにした燃料電池発電プラントの運転制御装置を提供することを目的とする。

【発明の要点】

上記目的を達成するために、この発明は、改質原料を改質して水素ガスを生成する改質器、該改質器に対応付設した改質原料供給装置、前記改質器を通じて得た水素ガスを燃料とし酸化剤ガスとの電池反応により発電を行う燃料電池、および該燃料電池の出力側に接続した補助電池を組合わせて構成した燃料電池発電プラントにおいて、前記改質原料供給装置より改質器へ送り込む改質原料の供給量をプラントの負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備え、該制御系は燃料電池の出力電流値に比例した信号と補助電池の出力電流値に比例した信号との加算値を検出信号としてフィードフォワード制御するものとするにより、負荷変動に対する改質器へ供給する改質原料供給量を時間的遅れ無しに迅速に追従制御させることにより制御応答性の向上を図り、特に負荷急増時における燃料電池の出力増加加速度を高めて補助電池の電池容量を低減できるようにしたものである。

【発明の実施例】

第1図はこの発明の実施例による燃料電池発電プラントの負荷変動に対応する制御システムを示すものであり、そのプラント構成は第2図と同一である。ここで改質原料供給量の制御系14に付いては、第2図に示した燃料電池の出力電流検出器10、該電流検出器10で検出した燃料電池の出力電流 I_{fc} に比例した信号を出力する制御器13の他に、補助電池5の出力回路に介挿した補助電池の出力電流検出器18、該電流検出器18で検出した補助電池の出力電流 I_b に比例した信号を出力する制御器19、および信号加算器20を備え、前記各制御器13と19との出力信号

を加算し、これをフィードフォワード制御信号として改質原料供給装置7の原料ポンプ7bに与えて改質原料供給量を増減制御するようにした構成されている。

次に上記した制御系14の制御動作に付いて述べる。まずDC/DCコンバータ3、インバータ4の損失を無視した条件では負荷電流 I_o 、DC/DCコンバータの出力電流 I_{conv} 、補助電池出力電流 I_b の間の関係式は、

$V_o I_o - V_b I_{conv} = V_b I_b$ (V_o は負荷電圧、 V_b は補助電池の端子電圧)

であり、また燃料電池の出力電流 I_{fc} に対応するDC/DCコンバータの出力電流 I_{conv} は、

$I_{conv} = (V_{fc}/V_b) I_{fc}$ (V_{fc} は燃料電池の出力電圧)

となる。

一方、改質原料の供給量 F は先記した制御系14により $F = K_1 I_{fc} + K_2 I_b$ となるようにフィードフォワード制御される。これにより負荷電流が増大すれば、燃料電池の出力増加を待たずに補助電池からの出力に対応して直ちに改質原料供給量 F が増加するようになる。

したがって発電プラントの運転中に負荷が急増し、これに対応してインバータ4の出力アップにより第3図のように負荷電流 I_o が増加すると、改質原料供給量 F は燃料電池の出力電流の上昇に先立ちフィードフォワード制御により特性線（へ）で示すように直ちに増量制御されるようになる。またこれにより改質器1から燃料電池2への水素ガス供給量も応答遅れ無しに早期に増大するので負荷急増に伴う燃料電池出力電流の立上がり特性も特性線（二）で示すように従来（イ）と比べて大幅に改善され、かつ燃料電池の出力電流が立上がった定常状態の時点では $V_o I_o = V_b I_{conv}$ となって負荷への給電が全て燃料電池の出力で賄われるので、補助電池の出力電流 $I_o = 0$ となる。したがって補助電池からの出力は特性線（ホ）で示すように極短い時間幅に限られ、かつその放電量も少量で済み、これにより従来の特性（ロ）に比べて補助電池5の電池容量を低減できる。また燃料電池の出力が増加した定常運転状態になれば改質原料供給量 F は $F = K_1 I_{fc}$ となり、以降は改質原料供給量が燃料電池2の出力電流に比例して供給され、安定した発電が継続できるようになる。

【発明の効果】

以上述べたようにこの発明によれば、改質原料を改質して水素ガスを生成する改質器、該改質器に対応付設した改質原料供給装置、前記改質器を通じて得た水素ガスを燃料とし酸化剤ガスとの電池反応により発電を行う燃料電池、および該燃料電池の出力側に接続した補助電池を組合わせて構成した燃料電池発電プラントにおいて、前記改質原料供給装置より改質器へ送り込む改質原料の供給量をプラントの負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備え、該制御系は燃料電池の出力電流値に比例した信号と補助電池の出力電流値に比例した信号との加算値を検出信号としてフィードフォワード制御

するものとするにより、負荷が急激に増加変動した際に、燃料電池の出力増加を待たずに改質原料供給量を直ちに増量制御することができ、また経時的に燃料電池の電流、電圧特性が変化しても、燃料ガスの不足をきたすことのないフィードフォワード制御が可能となり、かつこれにより燃料電池の過渡的な出力不足を補うように燃料電池の出力側に接続した補助電池の電池容量の低減化、およびこれに伴う発電プラントの軽量、コンパクト化の促進が可能になる等、補助電池を装備したハイブリッド方式の燃料電池発電プラントを対象に負荷変動に対する制御応答性の高い運転制御装置を提供することがで

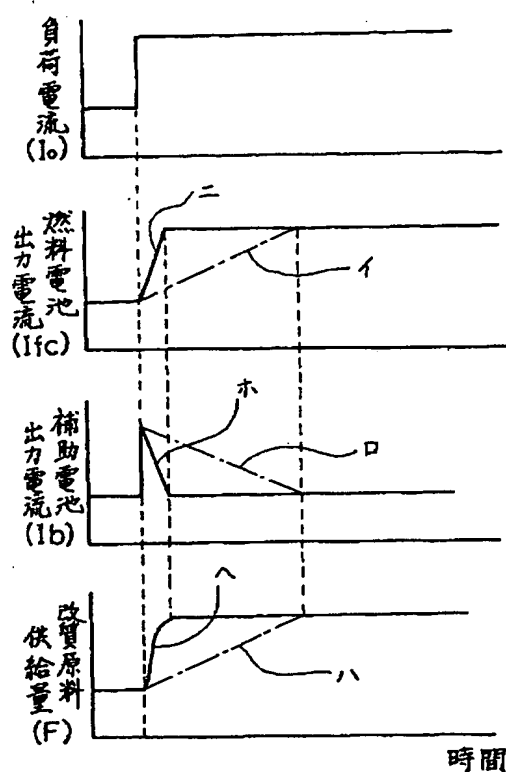
きる。

【図面の簡単な説明】

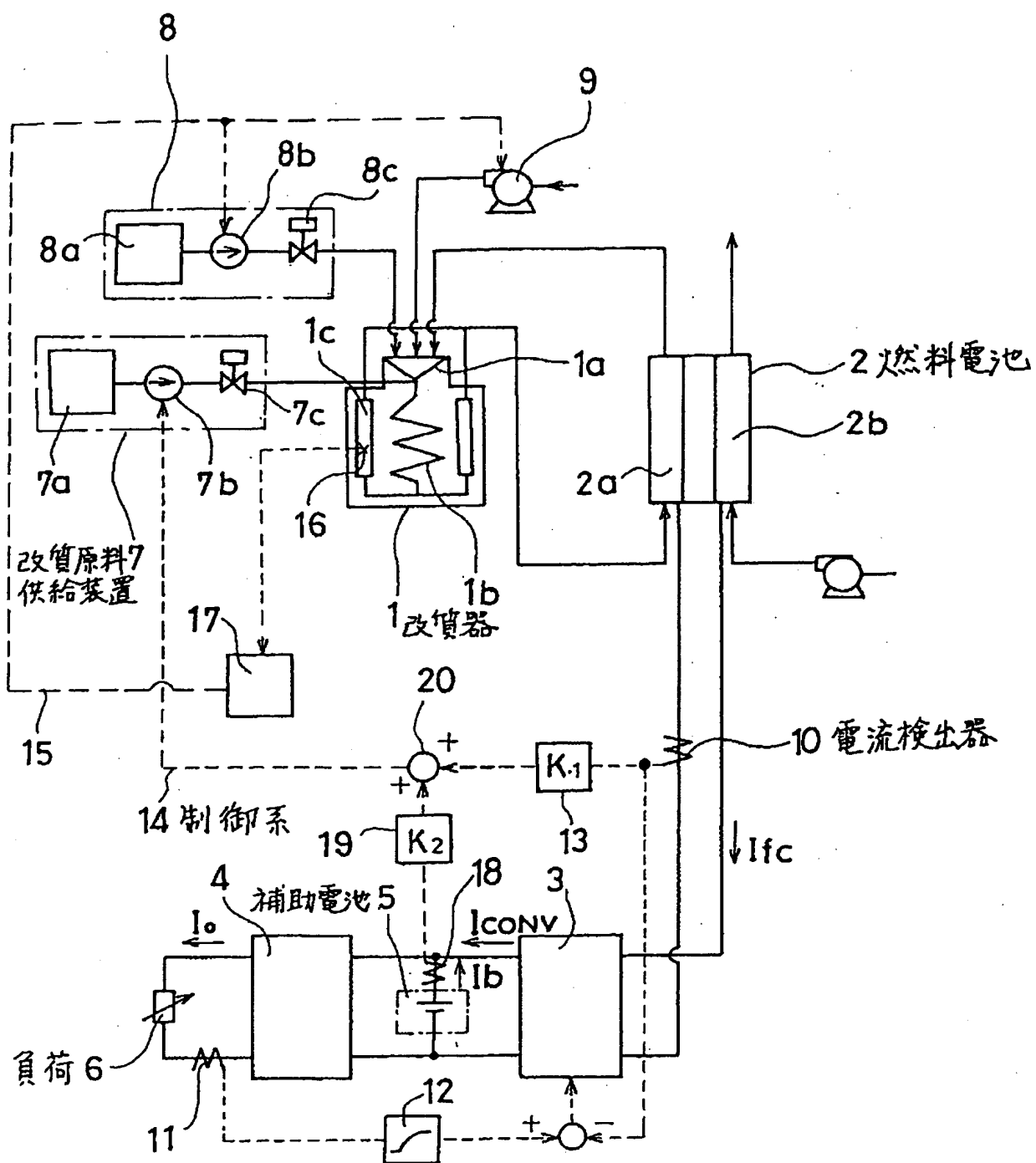
第1図、第2図はそれぞれ本発明の実施例および従来における燃料電池発電プラントの制御系統図、第3図は負荷変動に伴う第1図、第2図の制御応答特性図である。各図において、

1:改質器、2:燃料電池、5:補助電池、6:負荷、7:改質原料供給装置、10:燃料電池の出力電流検出器、14:改質原料供給量の制御系、18:補助電池の出力電流検出器、20:信号加算器、 I_o :負荷電流、 I_{fc} :燃料電池の出力電流、 I_b :補助電池の出力電流。

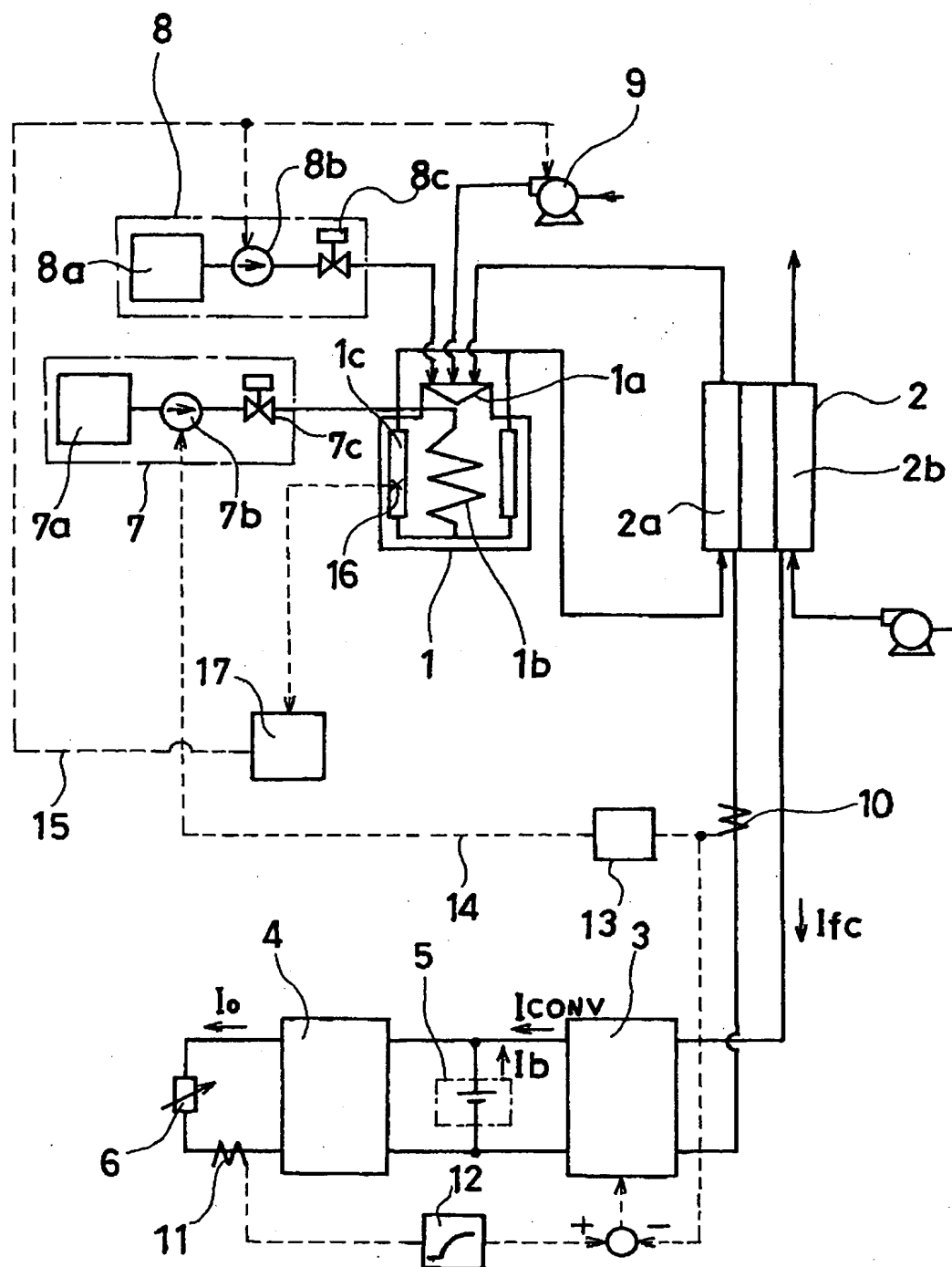
【第3図】



【第1図】



【第2図】



フロントページの続き

(72)発明者 大内 崇
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内

(72)発明者 氏家 孝
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内

(56) 参考文献 特開 昭60-49569 (J P, A)
特開 昭58-128673 (J P, A)